

Analisa Performa Kolektor Surya Tipe Parabolic Trough Sebagai Pengganti Sumber Pemanas Pada Generator Sistem Pendingin Difusi Absorpsi

Ardika Oki Pratama Suwito dan Sudjud Darsopuspito

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: sudjud@me.its.ac.id

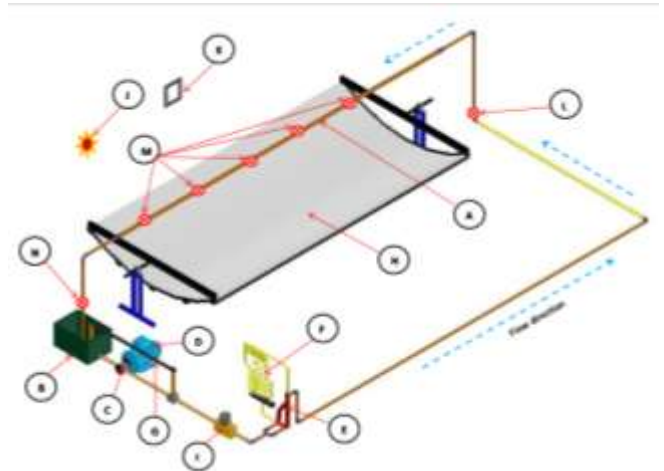
Abstrak—Kolektor surya merupakan sebuah alat yang dirancang untuk mengumpulkan panas dengan menyerap sinar matahari. Penelitian dilakukan pada kolektor surya tipe parabolic trough yang diintegrasikan dengan sistem pendingin difusi absorpsi atau Diffusi Absorption Refrigeration (DAR). Eksperimen dilakukan dengan mendesain ulang kolektor surya tipe parabolic trough yang sudah ada di jurusan Teknik Mesin ITS dengan menggantikan ukuran pipa absorber, diameter parabola dan fluida menggunakan oli diharapkan diperoleh unjuk kerja yang berbeda. Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan debit oli yang mengalir dalam pipa absorber, yaitu debit 4, 5, dan 6 liter/jam dan penelitian dilakukan selama 1 bulan. Hasil yang didapat dari dilakukannya penelitian ini adalah dengan debit 4 liter/jam didapat temperatur oli out tertinggi sebesar 106.1 °C dengan intensitas matahari yang tercatat sebesar 980.39 W/m² pada saat jam 12.00 wib. Untuk efisiensi tertinggi yang dihasilkan tercatat saat debit 5 liter/jam sebesar 36.97 % saat intensitas matahari sebesar 1019.61 W/m² dengan Q yang diterima 147.272 watt dan Q yang digunakan 54.448 watt.

Kata Kunci—Kolektor surya, Parabolic trough, Pendingin difusi absorpsi

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, ilmu pengetahuan dan teknologi juga semakin berkembang. Begitu juga dengan kebutuhan manusia. Untuk kenyamanan beraktifitas dalam ruangan ataupun di luar ruangan manusia membutuhkan kondisi sekeliling yang ideal. Salah satu peralatan yang membantu manusia untuk kenyamanannya adalah alat pendingin ruangan. Sebagian besar alat pendingin ruangan ini menggunakan prinsip daur kompresi uap yang salah satu kelemahan proses ini adalah menggunakan daya listrik yang cukup besar.

Sumber panas yang paling mudah di dapatkan adalah energi panas dari matahari. Untuk memanfaatkan sumber panas dari matahari sebagai pengganti sumber energi panas pada generator sistem *Absorption refrigeration* diperlukan beberapa peralatan, Salah satunya adalah kolektor surya [1]. Kolektor surya merupakan sebuah alat yang dapat memantulkan cahaya matahari dan bisa menyerap panas dari radiasi sinar matahari pada pipa absorber-nya dan meneruskan energi panas ke fluida. Terdapat banyak tipe *solar collector* yang dapat di gunakan untuk menyerap energi panas dari radiasi siar matahari. Pada kolektor surya tipe *parabolic trough* bisa mengumpulkan sinar matahari



Gambar 1 . Skema kolektor surya dengan sistem difusi absorpsi

dalam satu garis tertentu sehingga pada garis itu energi panas dapat terakumulasi menjadi lebih besar.

Kemampuan kerja kolektor surya [2] bergantung pada beberapa faktor, antara lain ketersediaan energi radiasi matahari, temperatur udara sekitar, karakteristik kebutuhan energi, dan karakteristik kalor sistem kolektor surya tersebut. Dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber panas sistem refrigerasi absorpsi menjadi alternatif sistem pendingin. Atas dasar itu penyusun tertarik untuk memperdalam masalah kolektor surya sebagai pengganti sumber pemanas pada generator sistem *Absorption refrigeration*.

A. Manfaat Penelitian

Energy matahari dapat sepenuhnya sebagai sumber pemanas generator sistim difusi absorpsi atau *waste energy* lainnya dengan tujuan agar dapat melakukan penghematan konsumsi listrik sebesar mungkin dari penggunaan heater elektrik sebelumnya. Serta dapat menghasilkan kolektor surya sebagai penghasil energi yang ramah dan murah untuk kegiatan lainnya.

II. METODE PENGUJIAN

A. Metode Penelitian



Gambar 2. Titik pengambilan data pada penelitian

Berikut berupa skema penelitian yang digunakan secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 1.

Keterangan gambar:

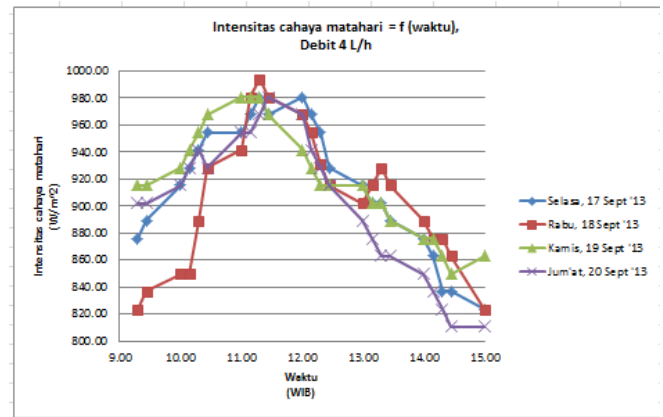
- A. Pipa absorber
- B. Tangki penampung oli (*isolated*)
- C. Pompa hidrolik
- D. Motor listrik
- E. Generator sistem difusi absorpsi
- F. Sistem difusi absorpsi
- G. Bypass
- H. Reflektor kolektor surya
- I. Gate valve
- J. Pyranometer
- K. Anemometer digital
- L. Thermocouple oli in
- M. Thermocouple surface pipa absorber
- N. Thermocouple oli out

Cara kerja alat [3] pada gambar 1 bermula bermula dari oli yang terdapat di dalam tabung *reservoir* disedot oleh pompa dan dialirkan masuk menuju ke generator sistem pendingin difusi absorpsi yang telah dimodifikasi sedemikian rupa. Oli dialirkan lewat dasar generator yang lama kemudian akan mengisi penuh tabung generator dan keluar menuju selang karet yang menuju ke arah kolektor surya. kemudian oli akan melewati pipa absorber di atas reflektor kolektor surya. Selama melewati pipa *absorber*, oli akan dikenai proses pemanasan yang menggunakan cahaya matahari. Setelah itu oli akan menuju kembali ke dalam tangki *reservoir* dan begitu seterusnya. Agar menjaga suhu oli yang masuk kedalam generator sistem pendingin difusi absorpsi tetap tinggi supaya kerja pendinginan di dalam kabin tercapai maksimum, di tangki *reservoir* oli tetap diberikan *heater electric*. Karena jika hanya mengandalkan sinar matahari sebagai sumber pemanas utama generator, dapat dipastikan sistem pendingin difusi absorpsi tidak akan dapat bekerja sebagaimana mestinya. Karena sistem ini membutuhkan suhu tinggi $\pm 95^\circ\text{C}$ untuk memanaskan generator dan tetap membutuhkan temperatur yang konstan \pm selama 5 jam untuk sistem menjadi *steady* dan menghasilkan temperatur pendinginan yang minimum. Sedangkan cahaya matahari hanya bekerja optimum \pm selama 2 jam.

Penelitian kali ini dikhususkan pada pengujian performa kolektor surya sebagai pengganti sumber panas pada generator sistem difusi absorpsi. Titik – titik pengukuran pada pengujian performa kolektor surya seperti dijelaskan pada gambar 2 adalah

Selama proses pengujian kolektor surya tersebut terdapat parameter-parameter yang diukur yaitu :

1. Debit fluida kerja (Q), yang menggunakan gelas ukur 10 ml untuk diukur seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi gelas ukur tersebut, kemudian dihitung rata-rata waktu yang dibutuhkan.
2. Temperatur fluida kerja masuk kolektor ($T_{f \text{ in}}$), menggunakan *thermocouple type t* dan *thermoselector*.



Gambar 3. Grafik pengaruh waktu terhadap intensitas cahaya matahari untuk debit 4 L/h

3. Temperatur fluida kerja keluar kolektor ($T_{f \text{ out}}$), menggunakan *thermocouple type t* dan *thermoselector*.
4. Temperatur udara ambient (T_a), menggunakan *thermocouple type t* dan *thermoselector*.
5. Temperatur pipa *receiver1* (T_1), menggunakan *thermocouple type t* dan *thermoselector* serta termometer digital sebagai alat bantu lainnya.
6. Temperatur pipa *receiver 2* (T_2), menggunakan *thermocouple type t* dan *thermoselector* serta termometer digital sebagai alat bantu lainnya.
7. Temperatur pipa *receiver3* (T_3), menggunakan *thermocouple type t* dan *thermoselector* serta termometer digital sebagai alat bantu lainnya.
8. Temperatur pipa *receiver 4* (T_4), menggunakan *thermocouple type t* dan *thermoselector* serta termometer digital sebagai alat bantu lainnya.
9. Temperatur pipa *receiver 5* (T_5), menggunakan *thermocouple type t* dan *thermoselector* serta termometer digital sebagai alat bantu lainnya.
10. Kecepatan angin (v_{wind}), menggunakan *Anemometer digital*.
11. Intensitas cahaya matahari (I_m), menggunakan *Pyranometer digital* yang terhubung dengan multimeter. Sehingga keluaran intensitas cahaya matahari berupa milivolt (mV) kemudian dikonversikan menjadi W/m^2 .

B. Perhitungan Kolektor Surya

Berikut berupa rumus yang dipergunakan dalam perhitungan penelitian kolektor surya [4] :

q_{usefull}

$$q_{\text{use}} = \dot{m} C_p \Delta T_{\text{oil}} = \dot{m} C_p (T_{\text{fluida out}} - T_{\text{fluida in}}) \dots\dots\dots (1)$$

q_{teory}

$$q_{\text{teori}} = I_m A_{\text{sel.pipa}} = I_m (\pi D_{\text{out}} L) \dots\dots\dots (2)$$

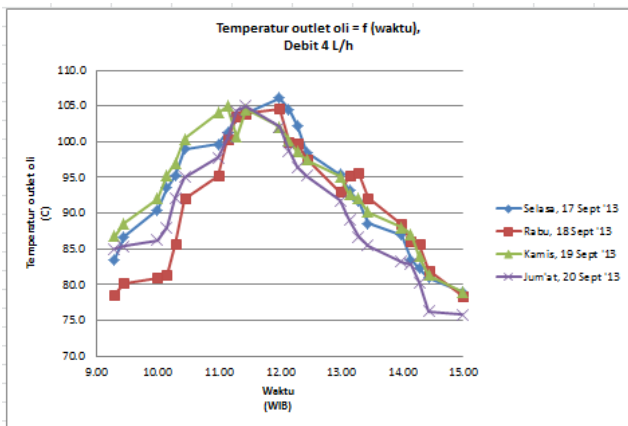
Effisiensi kolektor surya

$$Eff(\eta) = \frac{q_{\text{use}}}{q_{\text{teori}}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

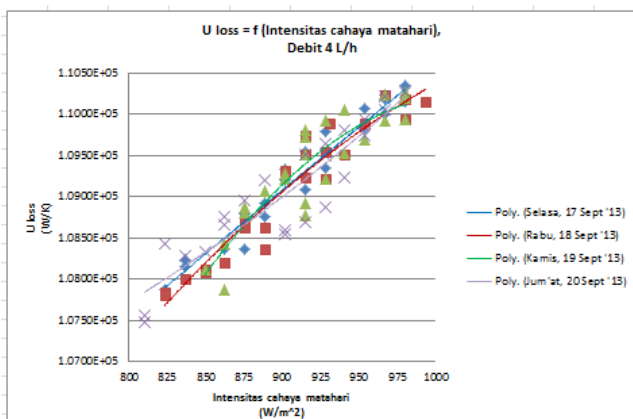
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian eksperimen kolektor surya tipe *parabolic trough* dengan variasi debit fluida *engine oil* didapatkan beberapa analisa performansi kolektor surya

yang ditunjukkan oleh grafik dari tiap variasi debit, dan kali ini hanya ditampilkan grafik untuk debit oli 4 Liter/jam.



Gambar 4. Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur out oli untuk debit 4 L/h

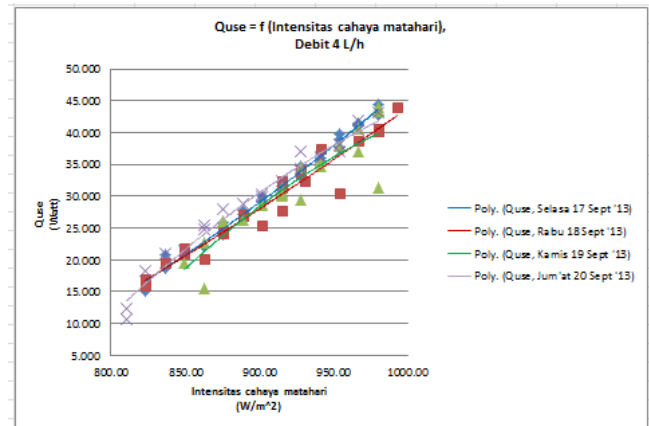


Gambar 5. Grafik pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap U_{loss} untuk debit 4 L/h

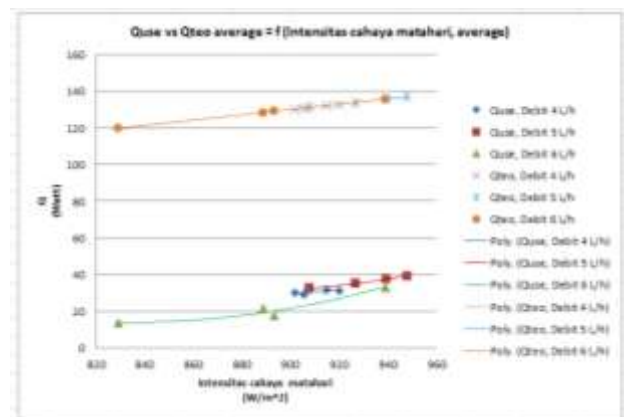
Pada gambar 3 dimana *trendline* grafik cenderung berbentuk parabola. Pengambilan data dilakukan setiap lima belas menit sekali mulai pukul 09.30 hingga 15.00 wib. Pada pukul 9.30 sampai 11.45 *trendline* grafik cenderung naik karena intensitas cahaya matahari yang diterima oleh penampang kolektor surya semakin tinggi dan *trendline* grafik mengalami penurunan mulai pukul 12.00 hingga 15.00 wib. Pada gambar 4 berikut akan ditunjukkan kenaikan temperatur keluar oli terhadap waktu pengambilan data yang berkaitan langsung terhadap besarnya intensitas cahaya matahari yang diterima.

Pada gambar 5, terlihat bahwa tren grafik cenderung naik. Dapat dilihat jika semakin besar intensitas cahaya matahari yang didapat, maka semakin besar pula ΔT oli in-out yang didapat. Dengan semakin besarnya intensitas cahaya matahari, maka temperatur keluar oli dari pipa absorber akan semakin besar pula. Kemudian oli akan masuk ke dalam generator sistem pendingin difusi absorpsi yang membutuhkan panas yang tinggi untuk memanaskan campuran refrigeran-DMF yang ada di dalam pipa bubble pump yang berada di dalam generator. Karena kalor yang dibutuhkan oleh generator tinggi, temperatur oli keluar generator atau kembali masuk ke dalam pipa absorber kolektor surya menjadi rendah. Inilah yang menyebabkan semakin tinggi intensitas cahaya matahari yang diterima maka semakin tinggi juga ΔT oli yang didapat.

Pada gambar 5, tren grafik untuk U_{loss} semakin meningkat berbanding lurus dengan makin tingginya



Gambar 6. Grafik pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap Q_{use} untuk debit 4 L/h



Gambar 7. Grafik Pengaruh Intensitas cahaya matahari average per hari terhadap Q_{use} dan Q_{teori} average per hari

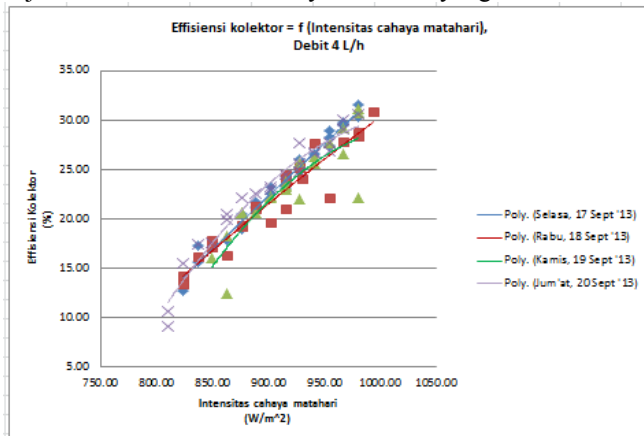
intensitas cahaya matahari. Jika kenaikan intensitas cahaya matahari diikuti dengan kenaikan temperatur permukaan pipa absorber, maka nilai koefisien konveksi (h) juga akan semakin meningkat. Sehingga meningkatnya nilai tersebut akan membuat nilai U_{loss} cenderung akan semakin naik.

Gambar 6 dibawah menunjukkan semakin besar intensitas cahaya matahari yang diterima maka akan semakin besar juga Q_{use} yang dihasilkan. Dapat dilihat dari $q_{use} = \dot{m} C_p \Delta T_{oil} = \dot{m} C_p (T_{fluida out} - T_{fluida in})$, energi berguna adalah fungsi dari selisih temperatur oli masuk dan oli keluar, dengan laju alir massa oli, dan nilai C_p oli. Energi berguna ini akan semakin meningkat dengan kenaikan intensitas cahaya matahari, karena intensitas cahaya matahari secara langsung berpengaruh terhadap kenaikan temperatur oli.

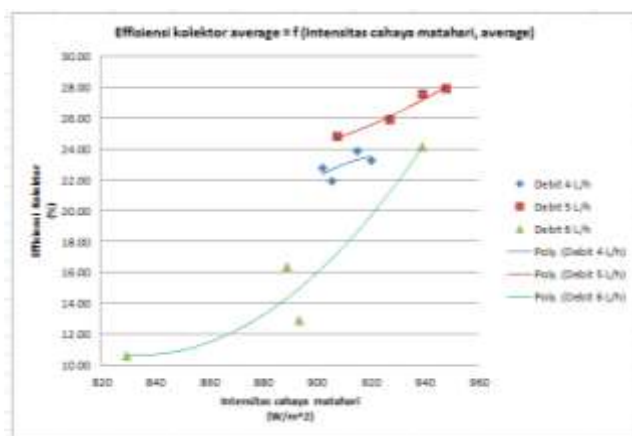
Gambar 7 merupakan Grafik Pengaruh Intensitas cahaya matahari average per hari terhadap Q_{use} dan Q_{teori} average per hari. Untuk grafik Q_{teori} , semakin banyak intensitas cahaya matahari dengan luasan kolektor yang sama maka semakin besar pula kalor yang dihasilkan.

Q_{use} merupakan kalor yang diserap oleh pipa absorber yang kemudian digunakan untuk memanaskan oli yang mengalir didalam pipa absorber, dimana Q_{use} untuk debit 6 L/h memiliki nilai kalor yang terendah dibanding

dengan Q_{use} untuk debit 5 L/h dan 4 L/h, hal ini dapat terjadi karena intensitas cahaya matahari yang diterima lebih



Gambar 8. Grafik pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap efisiensi kolektor untuk debit 4 L/h



Gambar 9. Grafik Pengaruh Intensitas cahaya matahari average per hari terhadap Efisiensi kolektor average per hari

rendah daripada debit yang lain serta debit 6 L/h memiliki laju alir massa terbesar diantara yang lain. Sehingga waktu perpindahan panas yang terjadi antara permukaan pipa absorber dan oli yang mengalir menjadi lebih singkat yang menyebabkan perpindahan panas yang terjadi akan menjadi lebih sedikit.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa tidak semua kalor yang diterima oleh panel surya diserap oleh absorber, namun hanya sekitar 30 persen saja yang diserap oleh absorber, hal ini dapat terjadi karena kecepatan angin yang berubah-ubah setiap waktunya serta besarnya laju alir massa yang mengalir di dalam pipa absorber. Dimana semakin besar laju aliran massa yang terjadi, maka akan semakin kecil q_{use} yang diserap oleh oli.

Tren grafik efisiensi kolektor surya semakin bertambah naik seiring dengan semakin besar nilai intensitas cahaya matahari yang didapatkan dapat dilihat pada gambar 8. Dimana menurut persamaan $Eff(\eta) = \frac{q_{use}}{q_{teori}} \times 100\%$, semakin besar intensitas cahaya matahari yang diterima, maka Q_{use} yang dihasilkan juga makin besar.

Pada gambar 9 juga dapat dilihat Tren grafik efisiensi kolektor surya semakin bertambah naik seiring dengan semakin besar nilai intensitas cahaya matahari. Pada gambar ini ditunjukkan besar efisiensi rata-rata tiap hari pengambilan data di setiap variasi yang berbeda.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan dalam menguji performa kolektor surya tipe parabolic trough sebagai pengganti sumber pemanas pada generator sistem pendingin difusi absorpsi dapat disimpulkan:

1. Dari ketiga variasi aliran debit yang dilakukan, debit 4 L/h memiliki hasil temperatur outlet oli yang paling tinggi dibandingkan dengan debit yang lain. Dapat dilihat temperatur outlet oli tertinggi yang dapat dicapai hingga 106.1 °C pada jam 12.00 wib, dengan input intensitas cahaya matahari sebesar 980.39 W/m².
2. Dari ketiga variasi aliran debit yang dilakukan, efisiensi tertinggi didapatkan pada pengujian kolektor surya tipe *linear parabolic trough* sebesar 36.97 % saat debit 5 L/h dengan intensitas cahaya matahari sebesar 1019.61 W/m² pada jam 12.15 wib.
3. Dari hasil analisa dan pengamatan, secara average debit 4 L/h mempunyai temperatur outlet oli yang paling tinggi dibanding dengan debit 5 L/h dan 6 L/h. Didapatkan temperatur rata-rata outlet oli tertinggi sebesar 94 °C. Serta temperatur outlet oli rata-rata tertinggi per variasi sebesar 92.35 °C.
4. Secara average, efisiensi tertinggi didapat saat pengujian debit 5 L/h sebesar 27.88 %. Serta efisiensi rata-rata tertinggi per variasi sebesar 26.50 %.
5. Dari hasil analisa, debit 5 L/h memiliki efisiensi tertinggi sebesar 26.50 %, tetapi sebenarnya debit 4 L/h lebih cocok sebagai variasi debit yang terbaik untuk pengganti sumber pemanas generator sistem difusi absorpsi. Dikarenakan debit 4 L/h memiliki hasil temperatur outlet yang paling tinggi diantara debit yang lain, sehingga yang paling baik sebagai pengganti sumber pemanas generator sistem difusi absorpsi.
6. Menurut hasil pengamatan, seharusnya debit 4 L/h memiliki efisiensi yang lebih baik daripada debit 5 L/h, dikarenakan laju aliran massa debit 4 L/h lebih lambat sehingga waktu terjadi perpindahan panas antara permukaan pipa absorber dan oli yang mengalir lebih maksimal. Tetapi hasil data debit 5 L/h didapatkan efisiensi yang lebih tinggi daripada debit 4 L/h. Ini dikarenakan pada saat pengujian, intensitas cahaya matahari yang diterima saat pengujian debit 5 L/h lebih besar daripada debit 4 L/h.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada laboratorium Teknik Pendingin dan Pengkondisian Udara Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri ITS yang telah banyak mendukung kelancaran penelitian kali ini serta bapak dosen pembimbing dan semua pihak yang membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. http://en.wikipedia.org/wiki/Parabolic_trough
- [2]. Duffie J.A dan Beckman W.A.1991. "Solar Engineering of Thermal Processes". Second Edition. John Wiley and Sons inc, New York.
- [3]. Ghalya pikra, Agus salim, Andri joko purwanto, dan Zaidan eddy. 2011. "Uji coba awal parabolic trough solar collector" *journal of mechatronics, electrical power, and vehicular technology*. Pusat penelitian tenaga listrik dan mekatronik – LIPI, Bandung, Jawa barat, Indonesia.

- [4]. Incropera, Frank P., DeWitt, Bergman, Lavine. 2007. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 6th Edition*. John Wiley & Sons Inc. New York.